

LAPORAN TUGAS

PRARANCANGAN PABRIK

METIL METAKRILAT DARI ASETON SIANOHDRIK

KAPASITAS 63.000 TON/TAHUN



Diajukan untuk Memenuhi Persyaratan Meraih Gelar Sarjana Teknik

Strata Satu pada Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik

Universitas Muhammadiyah Surakarta

Oleh:

Wahyu Nugroho

D 500 090 013

Dosen Pembimbing:

Ir. Herry Purnama, M.T., Ph.D.

Eni Budiati, S.T., M.Eng.

JURUSAN TEKNIK KIMIA FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA

2016

HALAMAN PENGESAHAN

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA FAKULTAS TEKNIK JURUSAN TEKNIK KIMIA

Nama : Wahyu Nugroho
NIM : D 500 090 013
Judul Tugas Akhir : Prarancangan Pabrik Metil Metakrilat dari Aseton
Sianohidrin Kapasitas 63.000 Ton/Tahun
1. Ir. Herry Purnama, M.T., Ph.D.
Dosen Pembimbing : 2. Eni Budiyati, S.T., M.Eng.

Surakarta, Februari 2016

Menyetujui,

Dosen Pembimbing I



Ir. Herry Purnama, M.T., Ph.D.

NIK. 664

Dosen Pembimbing II



Eni Budiyati, S.T., M.Eng.

NIK. 991

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik



Ir. Sri Sunarjono, M.T., Ph.D.

NIK. 682

Ketua Jurusan



Rois Fatoni, S.T., M.Sc., Ph.D.

NIK. 892



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA

FAKULTAS TEKNIK

Jl. A. Yani Tromol Pos I Pabelan Kartasura Telp (0271) 717417
Surakarta-57102

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Wahyu Nugroho
NIM : D500090013
Jurusan : Teknik Kimia
Judul TA : Prarancangan Pabrik Metil Metakrilat dari Aseton
Sianohidrin Kapasitas 63.000 Ton/ Tahun

Dengan ini, saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila ternyata dikemudian hari terbukti ada ketidak benar, maka saya akan bertanggung jawab sepenuhnya.

Surakarta, 12 Februari 2016

Yang membuat pernyataan,

(Wahyu Nugroho)

INTISARI

Metil metakrilat merupakan bahan kimia dalam industri yang berasal dari turunan ester dan salah satu bentuk monomer dari resin akrilik. Metil metakrilat banyak digunakan dalam industri cat, resin, peralatan rumah tangga, kosmetik, dan polimer. Kebutuhan metil metakrilat di Indonesia sampai saat ini masih didatangkan dari luar negeri (impor) dan cenderung mengalami peningkatan tiap tahunnya. Oleh sebab itu pendirian pabrik metil metakrilat di Indonesia sangat penting untuk mengurangi impor. Pabrik metil metakrilat ini diharapkan dapat memenuhi kebutuhan dalam negeri dan tidak menutup kemungkinan untuk diekspor.

Proses pembuatan metil metakrilat melalui reaksi hidrolisis aseton sianohidrin dan asam sulfat menjadi metakrilamid sulfat. Kemudian metakrilamid sulfat diesterifikasi dengan metanol menghasilkan metil metakrilat dengan produk samping amonium bisulfat. Kedua reaksi tersebut dilakukan di dalam reaktor alir tangki berpengaduk (RATB) dan reaksi berlangsung pada fase cair. Reaksi hidrolisis dijalankan pada suhu 130°C dan tekanan 1 atm, sedangkan reaksi esterifikasi pada suhu 150°C dan tekanan 7 atm. Pemurnian produk metil metakrilat dilakukan dengan proses destilasi dan dekantasi, sehingga diperoleh produk dengan kemurnian 99,8%.

Pabrik metil metakrilat dirancang dengan kapasitas 63.000 ton/tahun yang beroperasi selama 330 hari/tahun. Pabrik dengan jumlah karyawan sebanyak 160 pekerja ini, membutuhkan bahan baku aseton sianohidrin sebanyak 61.177,32 ton/tahun, asam sulfat sebanyak 67.073,05 ton/tahun, dan metanol sebanyak 21.645,35 ton/tahun. Unit utilitas sebagai penunjang proses produksi membutuhkan air sebanyak 47.779,68 kg/jam yang diambil dari sungai Bengawan Solo, *saturated steam* sebanyak 51.599.901,73 kJ/jam diperoleh dari *boiler* dengan bahan bakar *fuel oil* sebanyak 640,49 liter/jam, kebutuhan listrik sebesar 750 kW listrik dipasok dari PLN serta *generator set* sebagai cadangan, dan kebutuhan udara tekan sebesar 91,37 m³/jam.

Dari analisis ekonomi, pabrik metil metakrilat ini membutuhkan modal tetap (*fixed capital*) sebesar Rp. 768.667.006.796,33 dan modal kerja (*working capital*) sebesar Rp. 522.362.960.248,84. Keuntungan yang diperoleh sebelum pajak sebesar Rp. 532.161.308.204,95 tiap tahun. Keuntungan sesudah pajak sebesar Rp. 334.193.727.030,00 tiap tahun. Hasil analisis kelayakan menyatakan bahwa *percent return on investment* (ROI) sebelum pajak sebesar 62,11 % dan setelah pajak sebesar 43,48%. *Pay out time* (POT) sebelum pajak 1,4 tahun sedangkan setelah pajak sebesar 1,9 tahun. *Break even point* (BEP) sebesar 58,61% kapasitas, dan *shut down point* (SDP) sebesar 31,89% kapasitas. *Discounted cash flow* (DCF) sebesar 38,06%. Berdasarkan hasil analisa dengan parameter tersebut, maka pabrik metil metakrilat ini layak untuk didirikan di Indonesia.

Kata kunci : metil metakrilat, aseton sianohidrin, asam sulfat, metanol, RATB

SUMMARY

Methyl methacrylate is a chemical in the industry are derived from ester derivative and one form of acrylic resin monomer. Methyl methacrylate is widely used in the industries of paint, resin, household appliances, cosmetics, and polymers. Needs methyl methacrylate in Indonesia is still imported from abroad (imports) and tended to increase each year. Therefore, the establishment of methyl methacrylate plant in Indonesia is very important to reduce imports. Factory methyl methacrylate is expected to meet domestic demand and the possibility to be exported.

The process manufacture of methyl methacrylate by the hydrolysis reaction of acetone cyanohydrin and sulfuric acid into metakrilamid sulfate. Then metakrilamid sulfate esterification with methanol to produce methyl methacrylate with byproduct ammonium bisulfate. Both of these processes is reacted in the continuous flow stirred tank reactor (CSTR) and reacted in the liquid phase conditions. The hydrolysis reaction is set at a temperature of 130°C and a pressure of 1 atm, while the esterification reaction is set at a temperature of 150°C and a pressure of 7 atm. Methyl methacrylate product purification using distillation and decantation process, so that the resulting product with a purity of 99.8%.

Factory methyl methacrylate is designed with a capacity of 63,000 tons/year in operation for 330 days/year. The factory employed about 160 workers, require raw materials acetone cyanohydrin as much as 61,177.32 tons/year, as much sulfuric acid 67,073.05 tons/year, and methanol as much as 21,645.35 tons/year. Unit utility as supporting the production process requires as much water 47,779.68 kg/hour supplied from the Bengawan Solo river, saturated steam as much as 51,599,901.73 kJ/hour supplied from fuel boiler with fuel oil as much as 640.49 liters/hour, needs 750 kW electric power is supplied from PLN and generator set as a backup, and the compressed air requirement of 91.37 m³/hour.

Based on economic analysis, methyl methacrylate plant requires a fixed capital of Rp. 768,667,006,796.33 and working capital of Rp.522,362,960,248.84. Profits earned before tax of Rp. 532,161,308,204.95 annually. Profits after tax of Rp. 334,193,727,030.00 annually. The results of the feasibility analysis states that the percent return on investment (ROI) before tax amounted to 62.11% and after tax of 43.48%. Pay out time (POT) before taxes of 1.4 years, while after tax of 1.9 years. Break even point (BEP) amounted to 58.61% of capacity, and shut down point (SDP) amounted to 31.89% of capacity. Discounted cash flow (DCF) of 38.06%. Based on the analysis with these parameters, so the factory methyl methacrylate can be declared eligible to set up in Indonesian.

Keywords: methyl methacrylate, acetone cyanohydrin, sulfuric acid, methanol, CSTR

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmaanirrohim

Assalamu'alaiyum Wr. Wb.

Alhamdulillah, puji syukur kepada Allah SWT yang telah melimpahkan segala rahmat, hidayah dan petunjuknya-Nya sehingga penyusun dapat menyelesaikan tugas akhir prarancangan pabrik kimia ini. Sholawat serta salam semoga senantiasa tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW, keluarga, sahabat dan seluruh pengikutnya.

Tugas Prarancangan Pabrik Kimia merupakan tugas akhir yang harus diselesaikan oleh setiap mahasiswa Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta sebagai syarat untuk menyelesaikan jenjang studi sarjana. Dengan tugas ini diharapkan kemampuan penalaran dan penerapan teori-teori yang telah diperoleh selama kuliah dapat berkembang dan dapat dipahami dengan baik.

Tugas Akhir ini berjudul **Prarancangan Pabrik Metil Metakrilat dari Aseton Sianohidrin Kapasitas 63.000 Ton/Tahun**. Adanya prarancangan pabrik ini diharapkan dapat memperkaya alternatif industri kimia di masa depan bagi Indonesia.

Penyelesaian penyusunan laporan tugas akhir ini tidak lepas dari bantuan, bimbingan serta dorongan dari berbagai pihak. Melalui laporan ini penyusun ingin mengucapkan terima kasih banyak, terutama kepada :

1. Bapak Rois Fatoni, S.T., M.Sc., Ph.D., selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Universitas Muhammadiyah Surakarta
2. Bapak Ir. Herry Purnama, M.T., Ph.D., selaku Dosen Pembimbing I
3. Ibu Eni Budiyati, S.T., M.Eng., selaku Dosen Pembimbing II
4. Bapak dan Ibu Dosen Teknik Kimia Universitas Muhammadiyah Surakarta atas segala bimbingan dan arahnya
5. Bapak, Ibu dan kakakku yang selalu mendoakan dan memberi semangat serta dukungannya

6. Sahabat-sahabat yang selalu memberiku semangat dan dorongan untuk terus maju pantang menyerah
7. Teman-teman Teknik Kimia UMS, khususnya angkatan 2009 yang selalu memberikan dorongan dan motivasi
8. Dan semua pihak yang telah mendukung tugas akhir kami dari awal hingga akhir yang tidak bisa kami sebutkan satu-persatu.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan laporan tugas akhir ini masih banyak terdapat kekurangan dan kesalahan, untuk itu penulis mengharapkan saran dan kritik membangun demi kesempurnaan laporan ini. Dan semoga laporan ini bermanfaat bagi semua pihak. Akhir kata penulis mohon maaf apabila ada salah kata, dan terima kasih.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Surakarta, Februari 2016

Penyusun

MOTTO

“Allah meninggikan orang-orang yang beriman diantara kamu dan orang-orang yang diberi ilmu pengetahuan beberapa derajat”

(Q.S. Al-Mujadalah: 11)

“Cukuplah Allah sebagai penolong kami, dan Allah adalah sebaik-baik pelindung”

(Q.S. Al-Imron: 173)

Agama tanpa ilmu adalah buta, Ilmu tanpa agama adalah lumpuh

(Albert Einstein)

“Pengetahuan adalah warisan yang mulia, budi pekerti ibarat pakaian yang baru dan pikiran ibarat cermin yang bening (jernih)”

(Khalifah Ali bin Abi Thalib)

”Orang hebat adalah orang yang terus berjuang walaupun dia tau perjuangannya akan mengalami kegagalan terlebih dahulu”

”Ilmu itu ibarat perhiasan dunia dan akherat”

PERSEMBAHAN

Alhamdulillah, Perjuangan langkah cita dan harapan ini tak akan berarti tanpa mereka yang senantiasa menjadi bagian dalam hidupku. Karya ini kupersembahkan kepada:

- ❖ *Ibu dan Bapak tercinta, terima kasih atas segala do'a, dukungan, kasih sayang, pengorbanan, kesabaran dan pendidikan yang telah diberikan selama ini yang tak ada henti-hentinya*
- ❖ *Kakakku tercinta, terima kasih dukungan dan motivasinya*
- ❖ *Teman-temanku yang luar biasa alfian, miko, rizal, topik, jojo, dwik, semoga kedepannya kita bisa sukses dunia dan akherat*
- ❖ *Teman-teman seperjuangan Program Studi Teknik Kimia Angkatan 2009 akhirnya aku bisa mengikuti jejak kalian*
- ❖ *Teman-temanku di desa Baran, Cawas, Klaten, terima kasih dukungan semangatnya*
- ❖ *Almamater kebanggaan kami*

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
INTISARI	iii
KATA PENGANTAR	iv
MOTTO	vi
PERSEMBAHAN	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang Pendirian Pabrik	1
1.2. Kapasitas Perancangan	2
1.3. Lokasi Pabrik	5
1.4. Tinjauan Pustaka	
1.4.1. Macam-Macam Proses Produksi	7
1.4.2. Kegunaan Metil Metakrilat	10
1.4.3. Sifat Bahan Baku dan Produk	11
BAB II DESKRIPSI PROSES	
2.1. Spesifikasi Bahan Baku dan Produk	16
2.2. Konsep Proses	
2.2.1. Dasar Reaksi	17
2.2.2. Kondisi Operasi	19
2.2.3. Aspek Termodinamika	19
2.2.4. Tinjauan Kinetika	23
2.3. Diskripsi Proses	
2.3.1. Tahap Penyiapan Bahan Baku	24
2.3.2. Tahap Reaksi	25
2.3.3. Tahap Pemisahan dan Pemurnian Produk	25

2.4. Diagram Alir Neraca Massa dan Neraca Energi	27
2.4.1. Diagram Alir Proses	26
2.4.2. Neraca Massa	29
2.4.3. Neraca Panas	35
2.5. Tata Letak Pabrik dan Peralatan Proses	
2.5.1. Tata Letak Pabrik	40
2.5.2. Tata Letak Peralatan	44

BAB III SPESIFIKASI PERALATAN PROSES

3.1. Reaktor Hidrolisis	47
3.2. Reaktor Esterifikasi	48
3.3. <i>Stripper</i> (ST)	49
3.4. Menara Destilasi 1 (MD-1)	50
3.5. Menara Destilasi 2 (MD-2)	51
3.6. Menara Destilasi 3 (MD-3)	52
3.7. Dekanter (DC)	53
3.8. Tangki Penyimpanan	53
3.9. <i>Heater</i>	56
3.10. <i>Cooler</i>	60
3.11. <i>Reboiler</i>	64
3.12. <i>Condensor</i>	67
3.13. <i>Accumulator</i>	70
3.14. <i>Expansion Valve</i>	73
3.15. Pompa	73

BAB IV UNIT PENDUKUNG PROSES DAN LABORATORIUM

4.1. Unit Pendukung Proses	85
4.1.1. Unit Penyediaan Air	86
4.1.2. Perancangan Pengolahan Air	90
4.1.3. Unit Penyediaan Steam	102
4.1.4. Unit Penyediaan Listrik	102
4.1.5. Unit Penyedia Bahan Bakar	100
4.1.6. Unit Penyedia Udara Tekan	106
4.1.7. Unit Pengolahan Limbah	106

4.2. Laboratorium	107
4.2.1. Program Kerja Laboratorium	108
4.2.2. Peralatan Utama Laboratorium	108
BAB V MANAJEMEN PERUSAHAAN	
5.1. Bentuk Perusahaan	109
5.2. Struktur Organisasi	110
5.3. Sistem Kepegawaian dan Sistem Gaji	
5.3.1. Sistem Kepegawaian	112
5.3.2. Pembagian Jam Kerja Karyawan	112
5.3.3. Sistem Gaji	114
5.4. Kesejahteraan Karyawan	117
5.5. Manajemen Produksi	117
5.5.1. Perencanaan Produksi	118
5.5.2. Pengendalian Proses	119
BAB VI ANALISIS EKONOMI	
6.1. Dasar Perhitungan	120
6.2. Perhitungan Biaya	122
6.3. <i>Fixed Capital Investment</i>	125
6.4. <i>Working Capital</i>	125
6.5. <i>Manufacturing Cost</i>	126
6.6. <i>General Expenses</i>	127
6.7. Analisis Kelayakan	
6.7.1. <i>Return On Investment</i>	127
6.7.2. <i>Pay Out Time</i>	128
6.7.3. <i>Break Event Point</i>	128
6.7.4. <i>Shut Down Point</i>	130
6.7.5. <i>Discounted Cash Flow</i>	130
BAB VII KESIMPULAN	132
DAFTAR PUSTAKA	133
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1. Pabrik Metil Metakrilat Proses Aseton Sianohidrin	4
Tabel 1.2. Pertimbangan Pemilihan Proses	10
Tabel 2.1. Data ΔH_f^o dan ΔG_f^o Suhu 25°C pada Reaksi Hidrolisis	20
Tabel 2.2. Data ΔH_f^o dan ΔG_f^o Suhu 25°C pada Reaksi Esterifikasi	22
Tabel 2.3. Neraca Massa Total	29
Tabel 2.4. Neraca Massa di Sekitar Reaktor (R-1A)	29
Tabel 2.5. Neraca Massa di Sekitar Reaktor (R-1B)	30
Tabel 2.6. Neraca Massa di Sekitar Reaktor (R-1C)	30
Tabel 2.7. Neraca Massa Reaktor di Sekitar (R-2A)	31
Tabel 2.8. Neraca Massa di Sekitar Reaktor (R-2B)	31
Tabel 2.9. Neraca Massa di Sekitar Reaktor (R-2C)	32
Tabel 2.10. Neraca Massa di Sekitar <i>Stripper</i>	32
Tabel 2.11. Neraca Massa Menara di Sekitar Distilasi (MD-03)	33
Tabel 2.12. Neraca Massa Menara di Sekitar Distilasi (MD-01)	33
Tabel 2.13. Neraca Massa Menara di Sekitar Distilasi (MD-02)	34
Tabel 2.14. Neraca Massa di Sekitar Dekanter (DC)	34
Tabel 2.15. Neraca Panas di Sekitar Reaktor (R-1A)	35
Tabel 2.16. Neraca Panas di Sekitar Reaktor (R-1B)	35
Tabel 2.17. Neraca Panas di Sekitar Reaktor (R-1C)	36
Tabel 2.18. Neraca Panas di Sekitar Reaktor (R-2A)	36
Tabel 2.19. Neraca Panas di Sekitar Reaktor (R-2B)	37
Tabel 2.20. Neraca Panas di Sekitar Reaktor (R-2C)	37
Tabel 2.21. Neraca Panas di Sekitar <i>Stripper</i>	38
Tabel 2.22. Neraca Panas di Sekitar Menara Distilasi 3	38
Tabel 2.23. Neraca Panas di Sekitar Menara Distilasi 1	39
Tabel 2.24. Neraca Panas di Sekitar Menara Distilasi 2	39
Tabel 2.25. Neraca Panas di Sekitar Dekanter (DC)	40
Tabel 2.26. Perincian Luas Tanah Bangunan Pabrik	42

Tabel 4.1. Kebutuhan Air Pendingin	87
Tabel 4.2. Kebutuhan Air untuk <i>Steam</i>	88
Tabel 4.3. Jumlah Total Kebutuhan Air Secara Kontinyu	89
Tabel 4.4. Kebutuhan Listrik untuk Keperluan Proses	103
Tabel 4.5. Kebutuhan Listrik untuk Utilitas	104
Tabel 5.1. Jadwal Kerja Masing-Masing Regu	113
Tabel 5.2. Perincian Golongan, Keahlian dan Gaji Pegawai	116
Tabel 6.1. <i>Fixed Capital Investment</i>	125
Tabel 6.2. <i>Working Capital</i>	125
Tabel 6.3. <i>Manufacturing Cost</i>	126
Tabel 6.4. <i>General Expenses</i>	127
Tabel 6.5. <i>Fixed cost</i>	128
Tabel 6.6. <i>Variable cost</i>	129
Tabel 6.7. <i>Regulated cost</i>	129

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Grafik Kebutuhan Metil Metakrilat di Indonesia	3
Gambar 2.1. Gambar Diagram Alir Kualitatif	27
Gambar 2.2. Gambar Diagram Alir Kuantitatif	28
Gambar 2.3. Tata Letak Pabrik	43
Gambar 2.4. Tata Letak Alat Proses	46
Gambar 4.1. Unit Pengolahan Air Sungai	94
Gambar 5.1. Struktur Organisasi Perusahaan	111
Gambar 6.1. Grafik Hubungan Tahun dengan <i>Cost Index</i>	121
Gambar 6.2. Grafik Parameter Analisis Ekonomi	131